

#22

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1999年12月10日 ✓

出 願 番 号  
Application Number:

平成11年特許願第351457号 ✓

出 願 人  
Applicant (s):

パイオニア株式会社 ✓

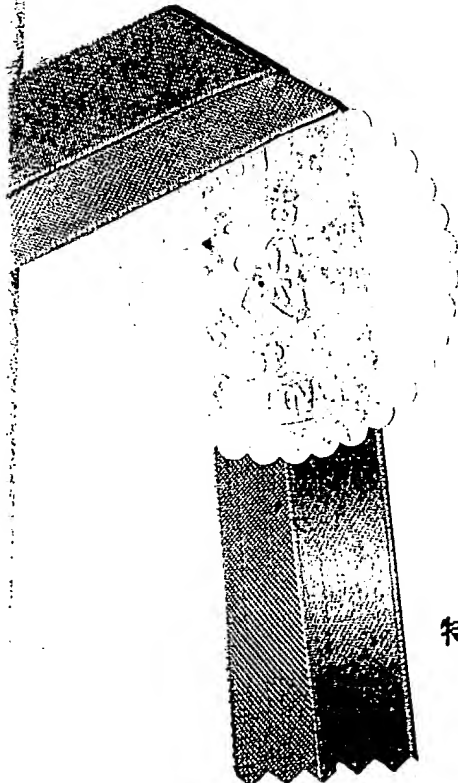
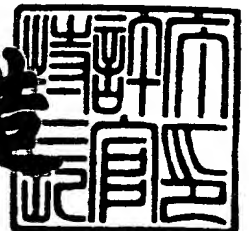
1c853 U.S. PTO  
09/732705  
12/11/00

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年10月13日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 54P0190

【提出日】 平成11年12月10日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04R 3/04

【発明の名称】 スピーカシステム

【請求項の数】 3

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見 6 丁目 1 番 1 号 パイオニア株式会社 総合研究所内

    【氏名】 小谷野 進司

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見 6 丁目 1 番 1 号 パイオニア株式会社 総合研究所内

    【氏名】 馬場 輝夫

【特許出願人】

    【識別番号】 000005016

    【氏名又は名称】 パイオニア株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100060690

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 瀧野 秀雄

    【電話番号】 03-5421-2331

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 012450

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102134

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 スピーカシステム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 スピーカと、前記スピーカの振動板の振幅値を検出して当該振幅値に応じた振幅信号を出力する振幅検出手段と、前記振幅信号を前記スピーカを駆動する駆動信号に加算する加算手段と、を備えたスピーカシステム。

【請求項 2】 前記振幅検出手段は、前記スピーカの振動板の速度を検出して速度信号を出力する速度検出手段と、検出した速度信号を積分して振幅信号を出力する積分手段と、からなる請求項 1 に記載のスピーカシステム。

【請求項 3】 前記積分手段は、前記スピーカの最低共振周波数  $f_0$  より小なる周波数をカットオフ周波数とする一次の低域通過濾波器からなる請求項 2 に記載のスピーカシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、低音域特性を改善したスピーカシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】

今日では、音響機器の小型化、パーソナルコンピュータへのスピーカの搭載等スピーカの小型化が進められている。

このようにスピーカが小型化されると、特に低音域での再生能力が悪化する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、低音域の特性を改善したスピーカシステムを提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 に記載の発明においては、スピーカと、前記スピーカの振動板の振幅値を検出して当該振幅値に応じた振幅信号を出力する振幅検出手段と、前記振幅

信号を前記スピーカを駆動する駆動信号に加算する加算手段と、を備えてなる。

【0005】

請求項2に記載の発明においては、請求項1に記載の発明において、前記振幅検出手段は、前記スピーカの振動板の速度を検出して速度信号を出力する速度検出手段と、検出した速度信号を積分して振幅信号を出力する積分手段と、からなる。

【0006】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の発明において、前記積分手段は、前記スピーカの最低共振周波数  $f_0$  より小なる周波数をカットオフ周波数とする一次の低域通過濾波器からなる。

【0007】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を図1乃至図3を参照して説明する。

図1は本発明のスピーカシステムのブロック構成図である。

図1におけるスピーカシステムは、スピーカシステムへの入力信号  $S_{in}$  と後述する積分手段である低域通過濾波器9からの出力信号  $S_{am}$  とを加算する加算器1と、この加算器1から出力される加算信号  $S_{sum}$  を所定の増幅度  $\alpha$  で増幅する増幅器2と、増幅された加算信号  $S_{sum}$  を電気／音響変換して音響信号を出力する密閉型のスピーカ3と、このスピーカ3に流れる電流値を検出して対応する電圧信号  $S_{so}$  を出力する電流センサ4と、スピーカ3の入力端の電圧値を検出してかかる電圧値に比例した印加電圧信号  $S_E$  を出力する電圧検出部5と、バッファアンプ61を介して供給される上記電圧信号  $S_E$  及びバッファアンプ62を介して供給される印加電圧信号  $S_{so}$  との差動演算を行ってスピーカ3の振動板の速度成分を抽出し、対応する速度信号  $S_v$  を出力する演算器7と、演算器7から出力される速度信号  $S_v$  を所定の増幅度  $\beta$  で増幅する増幅器8と、増幅器8を介して供給される速度信号  $S_v$  を積分して、対応する振幅信号  $S_{am}$  を出力する低域通過濾波器9と、からなる。

【0008】

電流センサ4は、図2に示す様に、電線41が巻回されたギャップ付鉄芯42

と、かかるギャップ付鉄芯 4 2 のギャップ部に挿入されるホール素子 4 3 と、かかるホール素子 4 3 から出力される電圧信号を所定の増幅度で増幅する増幅器 4 4 とからなる。かかる構成によって、電線 4 1 内に流れる電流  $I$  に比例して発生した磁束が、鉄芯で収束されてホール素子 4 3 を貫通し、ホール効果によるホール電圧が出力される。つまり、電線 4 1 に流れる電流  $I$  は、スピーカ 3 に供給された駆動電流  $I$  であるから、かかる駆動電流  $I$  が、電流センサ 4 によって電圧信号  $S_{so}$  に変換されて出力される。

## 【0009】

また、電圧検出部 5 は、スピーカ 3 と並列に接続した抵抗 5 a 及び 5 b の直列回路からなり、抵抗 5 b の両端に発生する電圧によって、スピーカの入力端 a に供給された電圧に比例した電圧値を検出する。抵抗 5 a と抵抗 5 b の抵抗比は、電流センサの感度（電流／電圧変換の感度）に基づいて適宜決定される。

## 【0010】

また、低域通過濾波器 9 は、抵抗 9 a、コンデンサ 9 b 及び増幅器 9 c の並列接続回路で構成され、増幅器 8 を介して供給される速度信号  $S_v$  の内、抵抗 9 a 及びコンデンサ 9 b で決定される時定数に基づくカットオフ周波数よりも高い周波数成分に対して積分器として作用し（つまり、周波数特性として一次の傾き（ $-6\text{ dB/Oct}$ ）を有し）、かかる周波数成分を有する速度信号  $S_v$  を振幅信号  $S_{am}$  として加算器 1 に出力する。

## 【0011】

なお、上記電流センサ 4、電圧検出部 5、バッファアンプ 6 1、6 2、演算器 7 及び増幅器 8 によって速度検出手段が構成され、さらに、かかる速度検出手段と低域通過濾波器 9 とによって振幅検出手段が構成される。

## 【0012】

次に、図 1 の動作を説明する前に、図 4 を参照して、本発明の原理について説明する。本発明は、スピーカの振動板の速度を検出し、これを積分することによって振幅成分を抽出し、かかる振幅成分をスピーカの駆動信号に正帰還することにより、スピーカシステムの低域特性を改善するものである。

## 【0013】

図 4 は本発明の原理を示すブロック図であり、図中、加算器 1、増幅器 2 及び 8、並びに低域通過濾波器 9 は、図 1 に示した通りである。

なお、ここではスピーカ 3 を動作時の電氣的等価回路で表している。すなわち、ボイスコイルの直流抵抗 3 a と動インピーダンス 3 b の直列回路である。動インピーダンス 3 b は振動系の振動によって発生するインピーダンスで、その両端に発生する分圧  $V_{out}$  は振動系速度  $v$  に比例し、

$$V_{out} = B l \cdot v$$

で表される。

【 0 0 1 4 】

図 4 を用いて、振幅正帰還の構成がない場合とある場合を解析的に比較することにより、本発明を説明する。

まず、振幅正帰還の構成（図 4 における増幅器 8、低域通過濾波器 9、加算器 1 を含む帰還路）が無い場合の系の動作を式で表わすと、

【数 1】

$$V_{out} = \frac{\alpha \cdot V_{in}}{\left( R_{vc} + \frac{B l^2}{Z_m} \right)} \cdot \frac{B l^2}{Z_m} \quad \dots (1)$$

但し、 $\alpha$  : 増幅器 2 の利得

$Z_m$  : スピーカの機械インピーダンス

( $= R_m + j \omega L_m + 1 / j \omega C_m$ )

$R_m$  : 振動系等価抵抗

$L_m$  : 振動系等価質量

$C_m$  : 振動系等価コンプライアンス

$R_{vc}$  : スピーカボイスコイルの直流抵抗

$B l$  : スピーカユニット力係数

なる関係が成立する。

【 0 0 1 5 】

さらに、式 (1) より、この系の伝達特性  $G_0$  を求めると、

【数 2】

$$G_0 = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\alpha}{\left(R_{vc} + \frac{Bl^2}{Z_m}\right)} \cdot \frac{Bl^2}{Z_m} = \frac{\alpha \cdot Bl^2}{Z_m \cdot R_{vc} + Bl^2} \quad \dots (2)$$

となる。

【0016】

ここで

【数 3】

$$\omega = 2\pi f$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_m \cdot C_m}} \quad (\text{スピーカシステムの最低共振周波数})$$

$$Q_0 = \frac{2\pi f_0 \cdot L_m \cdot R_{vc}}{Bl^2} \quad (\text{ユニット共振の先鋭度})$$

とし、さらに、上記  $R_m$  は微小のためこれを無視すると、式 (2) は、

【数 4】

$$\begin{aligned} G_0 &= \frac{\alpha \cdot Bl^2}{R_{vc} \cdot \left(j\omega L_m + \frac{1}{j\omega C_m}\right) + Bl^2} \\ &= \frac{\alpha}{j \cdot \frac{\sqrt{\frac{1}{L_m \cdot C_m}} L_m \cdot R_{vc}}{Bl^2} \cdot \left(\frac{\omega}{\sqrt{\frac{1}{L_m \cdot C_m}}} - \frac{\sqrt{\frac{1}{L_m \cdot C_m}}}{\omega}\right) + 1} \\ &= \frac{\alpha}{j \cdot Q_0 \cdot \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right) + 1} \quad \dots (3) \end{aligned}$$

となる。

【0017】

したがって、振動板速度  $v$  は、 $V_{out} = Bl \cdot v$  より、



【数 5】

$$v = \frac{G_0 \cdot Vin}{Bl} = \frac{Vin \cdot \alpha}{Bl} \frac{1}{j \cdot Q_0 \cdot \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) + 1} \quad \dots (4)$$

である。

【0 0 1 8】

次に、図 4 に示す振幅正帰還の構成を備えた場合について説明する。

図 4 に示す低域通過濾波器 9 の伝達関数は  $1 / (1 + j \omega T)$  で表わされる。  
但し、 $T$  は時定数である。

図 4 より系の動作を式で表わすと、

【数 6】

$$\alpha \cdot \left( Vin + \frac{\beta}{j\omega T + 1} \cdot Vout \right) = \left( Rvc + \frac{Bl^2}{Zm} \right) \cdot I = \left( Rvc + \frac{Bl^2}{Zm} \right) \cdot Vout \cdot \frac{Zm}{Bl^2}$$

但し、 $\beta$  は増幅器 8 の増幅度である。

【0 0 1 9】

したがって、図 4 に示す系の伝達関数  $G$  は、

【数 7】

$$G = \frac{Vout}{Vin} = \frac{\alpha}{\frac{Rvc \cdot Zm}{Bl^2} - \frac{\alpha \cdot \beta}{j\omega T + 1} + 1} \quad \dots (5)$$

となる。

【0 0 2 0】

ここで、無帰還時の場合と同様に、

【数 8】

$$\begin{aligned}\omega &= 2\pi f \\ f_0 &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{Lm \cdot Cm}} \quad (\text{スピーカシステムの最低共振周波数}) \\ Q_0 &= \frac{2\pi f_0 \cdot Lm \cdot Rvc}{Bl^2} \quad (\text{ユニット共振の先鋭度})\end{aligned}$$

と置いて書き直すと、式 (5) は、以下のようなになる。

【数 9】

$$\begin{aligned}G &= \frac{\alpha}{j \cdot Q_0 \cdot \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) - \frac{1}{(j\omega T + 1)} \cdot \alpha \cdot \beta + 1} \\ &= \frac{\alpha \cdot \frac{1}{(1-D)}}{1 + j \cdot Q_0 \cdot \frac{1}{(1-D)} \cdot \left\{ \frac{f}{f_0} \cdot \left( 1 + D \cdot \frac{T \cdot Bl^2}{Lm \cdot Rvc} \right) - \frac{f_0}{f} \right\}} \quad \dots (6)\end{aligned}$$

但し

$$D = \frac{\alpha \cdot \beta}{1 + (\omega T)^2}$$

である。

【0 0 2 1】

したがって振動速度  $v$  は、

【数 1 0】

$$v = \frac{G \cdot Vin}{Bl} = \frac{Vin \cdot \alpha_{MFB}}{Bl} \cdot \frac{1}{1 + j \cdot Q_{0 \text{ MFB}} \cdot \left\{ \frac{f}{f_{0 \text{ MFB}}} - \frac{f_{0 \text{ MFB}}}{f} \right\}} \quad \dots (7)$$

となる。

【0 0 2 2】

但し、

【数 1 1】

$$\alpha_{MFB} = \alpha \cdot \frac{1}{(1-D)} \quad \dots (8)$$

$$Q_{0\ MFB} = Q_0 \cdot \frac{\sqrt{1 + D \cdot \frac{T \cdot Bl^2}{Lm \cdot Rvc}}}{(1-D)} \quad \dots (9)$$

$$f_{0\ MFB} = f_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + D \cdot \frac{T \cdot Bl^2}{Lm \cdot Rvc}}} \quad \dots (10)$$

である。

【0 0 2 3】

以上の解析結果より、振幅正帰還駆動におけるスピーカの見かけ上の最低共振周波数  $f_{0MFB}$  が、無帰還時の最低共振周波数  $f_0$  に対して低域側に移行すると共に、共振の鋭さ  $Q_{0MFB}$  が、無帰還時の  $Q_0$  と比較して大きくなることがわかる。ここで、低域通過濾波器 9 のカットオフ周波数  $f_c$  は、最低共振周波数  $f_0$  より小となるように設定されている。つまり、低域通過濾波器 9 はカットオフ周波数  $f_c$  以上の周波数範囲において積分器と等化的な動作をするため、かかる周波数範囲において振幅正帰還駆動になるのである。したがって、かかるカットオフ周波数  $f_c$  を有する低域通過濾波器 9 の作用によって、スピーカシステムの周波数特性が低域側に伸びると共にその肩特性が急峻になり、低域特性が改善されるのである。

【0 0 2 4】

以上説明した通り、動電型直接放射スピーカにおいては、無帰還時では最低共振周波数  $f_0$  以下の再生音圧が減衰していくのであるが、本発明を用いる事により上記  $f_{0MFB}$  の周波数まで低域特性を改善する事ができる。

【0 0 2 5】

なお、振幅正帰還するにあたっては発振を防止する必要がある。式 (5) に示す伝達関数から Hurwitz の安定判別法に基づき安定条件を算出すると、式 (11) の条件を系が満たす必要がある。

【数 1 2】

$$\alpha \cdot \beta < 1 + \frac{RvcRm}{Bl^2} + \frac{RvcT}{Cm \cdot Bl^2} - \frac{Rvc^2 \cdot Lm \cdot T}{Cm \cdot Bl^2 \cdot (Rvc \cdot Rm \cdot T + Rvc \cdot Lm + Bl^2 \cdot T)} \cdots (11)$$

【0 0 2 6】

次に、上記原理説明を踏まえて図 1 に示した実施形態の動作について説明する。

図 1 に示す実施形態においては、振動板の速度を検出するために、スピーカを流れる電流  $I$  とスピーカの入力端  $a$  に供給される印加電圧  $S_E$  とを検出する。かかる電流  $I$  と印加電圧  $S_{16E}$  との関係は、いわゆる電気／音響変換に拘わる基本式で求めることができる。

【0 0 2 7】

すなわち、図 4 に示す如く、スピーカ 3 の入力端  $a$  に供給される電圧を  $E$  とすると、

$$E = Rvc \cdot I + V_{out}$$

となる。ここで  $V_{out} = Bl \cdot v$  (逆起電力) であるから、

$$v = (E - Rvc \cdot I) / Bl$$

となる。

【0 0 2 8】

したがって、図 1 において、電流センサ 4 から出力されるスピーカに流れる電流  $I$  に比例する電圧信号と、スピーカ 3 の入力端  $a$  に供給される電圧  $E$  に比例した電圧信号  $S_E$  とを、演算器 7 によって差動演算することにより、スピーカ 3 の振動板の速度を担う速度信号  $S_v$  を検出することができる。

【0 0 2 9】

このようにして求められた速度信号  $S_v$  は、増幅器 8 を介して低域通過濾波器 9 に供給される。低域通過濾波器 9 は、上記した如く、一次の特性、すなわち、カットオフ周波数以上の帯域に対して  $-6 \text{ dB/Oct}$  の傾きを有する特性を有しており、かかる傾きを有する帯域においては積分器として作用するため、供給された速度信号  $S_v$  は積分されて振幅信号  $S_{am}$  として加算器 1 に出力される。そ

して、加算器 1 において入力信号  $S_{in}$  に加算されることにより、正帰還ループが構成されるのである。つまり、低域通過濾波器 9 はカットオフ周波数  $f_c$  以上の周波数範囲において積分器と等化的な動作をするため、かかる周波数範囲において振幅正帰還駆動になるので、スピーカシステムにおける最低共振周波数  $f_{0MFB}$  は、無帰還時における最低共振周波数  $f_0$  に対して低域側に移行すると共に、共振の鋭さ  $Q_{0MFB}$  は、 $Q_0$  に対して大となるので、等化的に振動系のスティフネス及び機械抵抗を小さくした効果があり、低域特性を改善できるのである。

【0030】

図 3 は、図 1 に示す振幅正帰還駆動する構成において、以下に示すパラメータを設定した上で実測した本発明のスピーカシステムの音圧特性を示す図である。

T	: 0.0039	(F · Ω)
R	: 6.38	(Ω)
C <sub>m</sub>	: 7.46E-4	(m/N)
L <sub>m</sub>	: 5.78	(g)
B <sub>l</sub>	: 4.58	(T · m)

アンプゲイン  $\alpha$  : 19.6

なお、アンプゲイン  $\beta$  は、特性の変遷を観察しながらそのゲインを適宜調整することにより最適値を求めた。

【0031】

図 3 から明らかな通り、振幅正帰還駆動により、低域の再生帯域が延びると共に、肩特性が急峻になり、良好な特性となった。肩特性が急峻になることにより、必要とする帯域以外における増幅器の電力消費を抑えることが可能となるため、好ましい。

【0032】

なお、上記説明では、密閉型スピーカを用いた例について説明したが、これに限定されるものではなく、複合密閉型スピーカや、後面開放型スピーカ、バッフル型スピーカ等、スピーカの振動板以外の音響的な共振系を持たない構造のスピーカならば適用可能である。

【0033】

また、上記実施形態では、振動板の速度を検出し、これを積分して得られた振幅値を正帰還する例について説明したが、振幅を変位センサにより直接検出して、これを帰還させる構成でも良いし、または加速度センサにより加速度を検出し、かかる加速度を2回積分して振幅値を求め、かかる振幅値を正帰還する構成にしても同様の効果を期待できる。

【0034】

さらに、上記実施形態では、電流検出器としてホール素子による電流センサ4を用いた例を述べたが、これに限られるものではなく、例えば抵抗器を用いたブリッジ回路によっても実現できる。

【0035】

【発明の効果】

以上説明したとおり、本願発明は、スピーカの振動板の振幅値を検出し、かかる振幅値を入力信号に正帰還する構成としたので、スピーカの低音域の特性を改善できる。

【0036】

また、スピーカの振動板の速度を検出し、かかる速度を、スピーカの最低共振周波数より低いカットオフ周波数を有する低域通過濾波器によって積分することによって振幅値を検出し、かかる振幅値を正帰還する構成としたので、スピーカの低音域を延ばすと共に、低域側の肩特性を急峻にすることができ、好ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施例の構成図である。

【図2】

本発明の実施例における電流センサの構成図である。

【図3】

本発明の実施例におけるスピーカシステムの音圧特性の実測例である。

【図4】

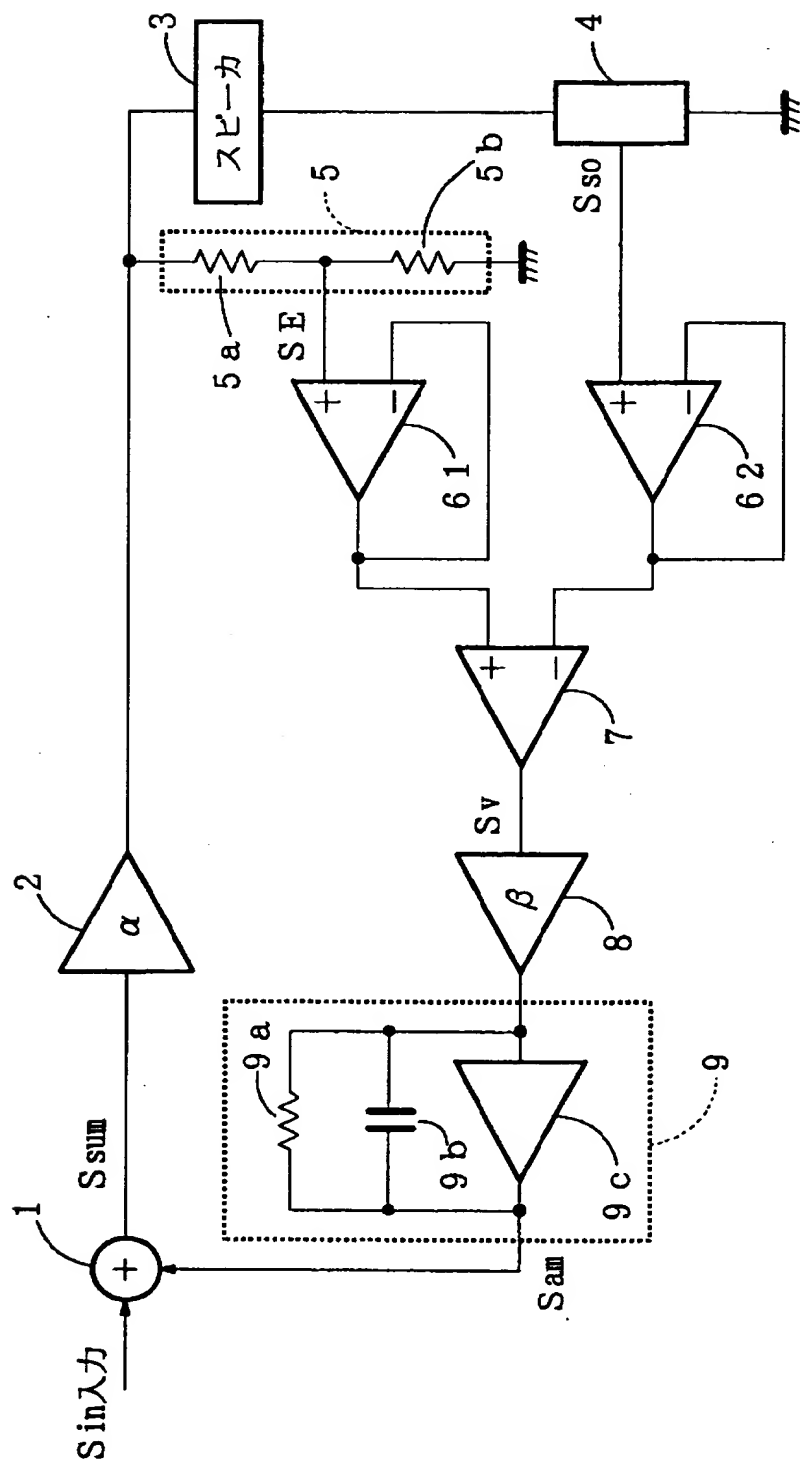
本発明の原理を説明する図である。

【符号の説明】

- 1            加算器
- 2            増幅器
- 3            スピーカ
- 4            電流センサ
- 5            電圧検出部
- 5 a , 5 b   抵抗器
- 6 1 , 6 2   バッファアンプ
- 7            演算器
- 8            増幅器
- 9            低域通過濾波器
- 9 a          抵抗器
- 9 b          コンデンサ
- 9 c          増幅器

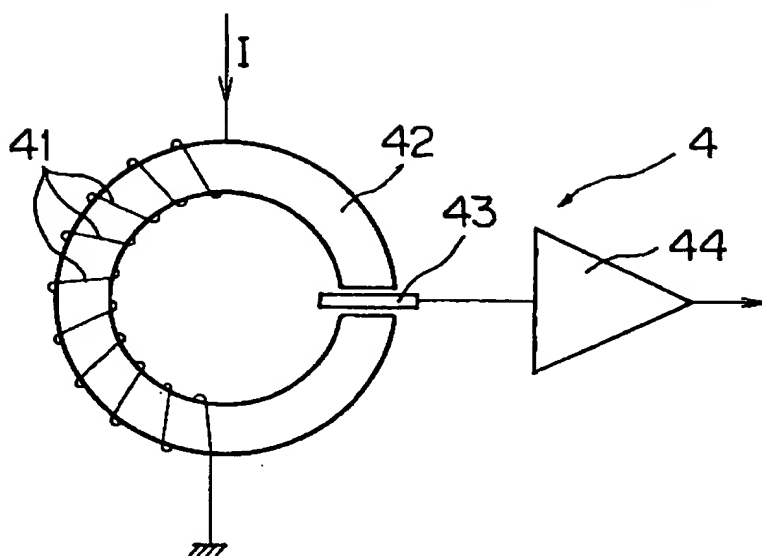
【書類名】 図面

【図 1】

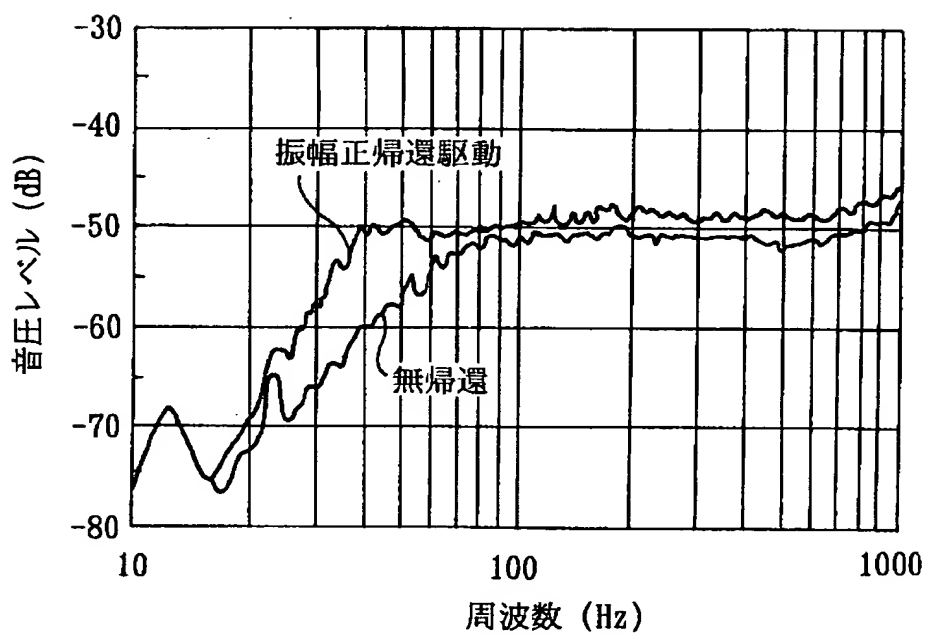




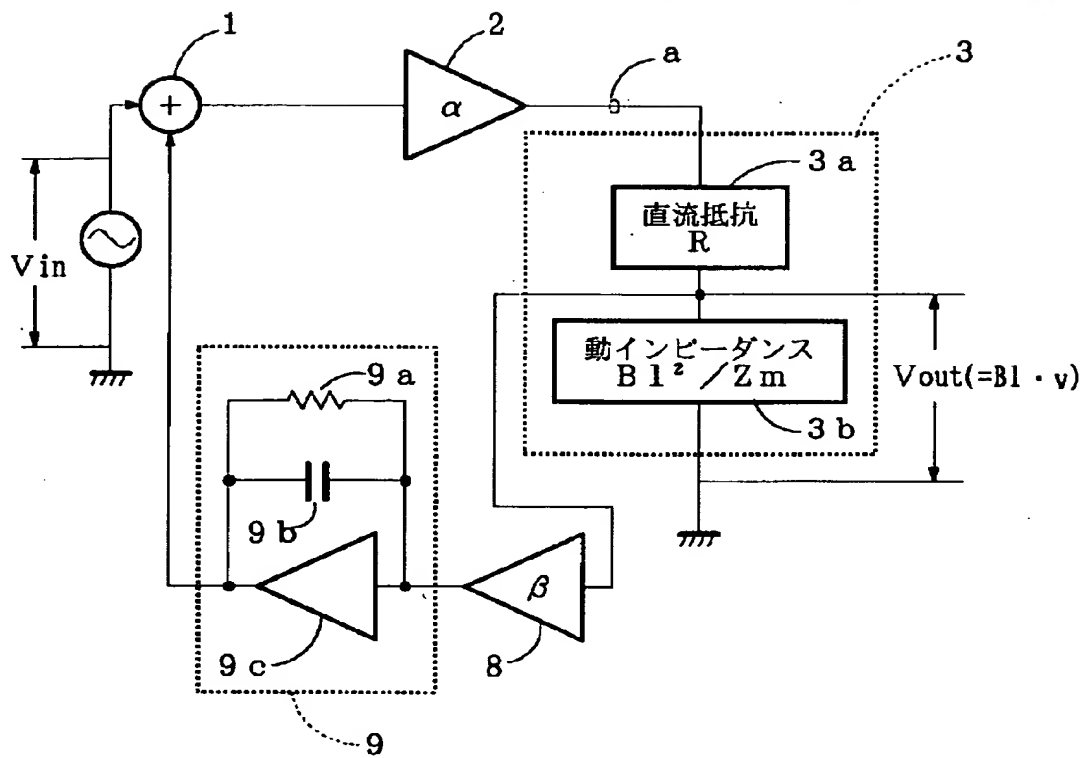
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低音域の特性を改善したスピーカシステムを提供する。

【解決手段】 スピーカと、前記スピーカの振動板の振幅値を検出して当該振幅値に応じた振幅信号を出力する振幅検出手段と、前記振幅信号を前記スピーカを駆動する駆動信号に加算する加算手段と、を備える。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005016]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都目黒区目黒1丁目4番1号
氏 名	パイオニア株式会社